

## ILLUMINATION ARRANGEMENT FOR A STEREO MICROSCOPE

## BACKGROUND OF THE INVENTION

In stereo microscopy, external incident illumination arrangements in

which direct illumination is arranged outside the microscope base body belong to prior art.

Such arrangements can be halogen lamps with reflector mirrors which are fastened to the stereo microscope support, to the pillar or to the stereo microscope base body itself and enable oblique incident illumination.

Cold-light illumination arrangements which are arranged, for example, at the pillar or at the stereo microscope support are known and are constructed, for instance, as flexible or semirigid one-armed or multiple-armed light guides with focusing optics. Without fastening to the stereo microscope base body or to the stand, there are one-armed or multiple-armed, semirigid goosenecks, as they are called, which are fastened exclusively to the cold-light source and can be optionally positioned spatially.

15 Further, cold-light ring lamps which are attachable to the front area of  
the stereo microscope are known and available, e.g., as 4-point ring lamps or slit  
ring lamps in different diameters and radiating angles. All of these external incident  
illumination arrangements ensure a highly differentiated incident illumination, i.e., the  
object examined through the stereo microscope can be optimally illuminated  
20 corresponding to its surface structure and spatial extension. A disadvantage in  
these external illumination arrangements is that they sometimes occupy  
considerable space in the object region, i.e., direct viewing of the object and free  
space for manipulation is sometimes severely limited.

A further disadvantage in these external illumination arrangements consists in that when the stereo microscope is fastened in special stands (e.g., machine holders, floor or wall stands) and as a result of the free spatial positioning of the stereo microscope which this involves, the light must first always be "tracked" separately (insofar as the illumination arrangement is not fastened to the stereo microscope base body itself). The disadvantages mentioned above can be avoided if the illumination arrangement itself can be successfully integrated in the stereo microscope base body in a suitable manner so as to save as much space as possible.

A number of different suggestions for solving this problem, some of them already published, with the aim of suitably integrating illumination systems directly in optical instruments (for example, in photographic cameras, video cameras, camcorders, microscopes, stereo microscopes, operation microscopes) are known internationally.

In stereo microscopy, internal incident illumination arrangements in which the light is coupled into (coaxial incident light principle) the observation channels via suitable beam splitting elements (prisms, splitter mirrors) inside the microscope base body are known from the prior art. In this connection, light can be generated by a conventional microscope incident light arrangement or via a cold-light source and light guides and can be transported until it is coupled into the observation channels via the above-mentioned beam splitting elements at different locations (e.g., above or below the stereo microscope pancratic or zoom system). Aside from the above-mentioned coaxial illumination arrangements which are fixedly integrated in the stereo microscope base body, there are also modular units which can be arranged, for example, in such a way that they can be divided between the stereo microscope pancratic system and the main objective (e.g., Zeiss telescope type stereo microscope with modular coaxial illumination device and flexible light guide input coupling, light guide connection to Schott cold-light source KL 1500). An advantage in the coaxial illumination arrangement is that the light is "guided along" with the stereo microscope base body and, in case of internal coupling in above the stereoscopic pancratic system, that there is an exact adaptation of the object field during zoom magnification. With internal coupling in below the stereoscopic pancratic system, the size of the illuminated object field is constant and is designed for the maximum object field that can be achieved with the pancratic system. A disadvantage in all of the above-mentioned arrangements with the coaxial incident light principle is the occurrence of strong reflections - especially with highly reflective object surfaces - and a resulting deterioration in image contrast through the coupling of light into the observation channels. The various possible arrangements for suppression of reflections with polarizing-optical means (e.g., antireflection device for Zeiss telescope type stereo microscopes) are also prior art. Known reflection suppression arrangements with polarizing-optical means have their own

disadvantage in that a considerable reduction in illumination intensity occurs due to the high absorptive power of the at least two polarizing filters that are required. Other internal incident illumination arrangements which are modified from this basic principle and employed in telescope type stereo microscopes use only the front main objective for coupling light into the observation beam paths or into an azimuthal plane of incidence different from the observation channels. In these arrangements which are modified from the basic principle, there also remains the problem of the formation of reflections and elimination thereof with polarizing-optical means. In stereo microscopy, the coaxial incident light principle is preferably applied only with planar or flat specimens (shallow depth of field) because, with this vertical illumination, only a poor contrast or a poor spatial visual impression can be achieved in case of objects with depth of field or objects with surface relief; a substantially improved contrast and spatial impression can be achieved by the shadow effect occurring with oblique illumination. The different internal illumination arrangements working in accordance with the coaxial incident light principle which were described above are used in conventional stereo microscopes (telescope type construction), operation microscopes, in medical equipment with stereoscopic observation (colposcopes, slit lamps) or sometimes in endoscopes.

The laid open application DE 196 40 352 A1, "Internal Illumination Device and Video Microscope System", describes an arrangement for coupling in light via beam splitting as is known in conventional brightfield incident light microscopy. Another arrangement provides integration of direct illumination (lamp with reflector mirrors) in a video device; in this case, light is transmitted via light guides into the object space with oblique illumination and there is a repeated coupling of light into the observation channel by light guides via beam splitting (coaxial incident light principle). The proposed integrated illumination arrangements which are known in part from the prior art are directed only to the combination of video microscope system with video equipment.

U.S. Patent 4,783,159, "Operation Microscope", describes a telescope type operation microscope with an integrated internal illumination arrangement for illuminating the operating field. In this connection, the light is principally coupled in between the zoom system (pancratic system) and the main objective. The

illumination system which is separately constructed in the operation microscope illuminates the operating field via the following optical elements: light guide → separate zoom system → projection lens → main objective. Through the use of different optical deflecting elements (reflection prisms), it is possible to illuminate the operating field via the main objective at different locations (axially or extra-axially, as desired), resulting in differentiated illumination of the operating field (e.g., the eye).

Patent EP 0 793 128 A1, "Illumination Structure in Microscope", describes a microscope (stereoscope in a parallel construction/macroscope) in which an internal illumination system is arranged behind the objective. Different arrangements are described by which light can be coupled in behind the objective, for example, on the optical axis of the objective between the observation channels (two pairs) with one illumination channel, between the observation channel pairs with two or more illumination channels, or coupling in light using areas of the observation optics separated by mounts.

Patent DE 39 06 555 A1, "Incident Light Object Illumination Device", describes an (external) illumination device which is arranged at an observation device and which comprises a plurality of individual light sources (e.g., self-luminous objects, glass fibers or back-lighting diaphragms) which are also switchable individually and which are arranged in an at least two-dimensional array whose center coincides with the optical axis of the observation imaging optics.

The patent "Epidark Illumination System" DE 39 29 768 A1 describes an Epidark illumination system, preferably for reflected light microscopes, in which light coming from a light source is guided between a sleeve and an objective lens for illuminating an object (arrangement similar to that in incident light darkfield arrangements). A very flat illumination of the object field can be achieved with this ring-shaped illumination arrangement.

Patent EP 0 50 940 A2, "Microscope Illuminating Apparatus", shows different microscope illumination arrangements for incident light brightfield and darkfield illumination and for transmitted light brightfield and darkfield illumination in which the coupling of light into the illumination-optical systems is carried out by fiber-optics among other means.

Patent DE 19523712 A1, "Stereo Microscope", describes a stereo microscope (telescope construction) which has an observation front lens and an illumination lens that are separate from one another. A beam of observation light emitted by an object point is directed parallel by the focusable front observation lens.

5 The illumination lens projects a beam of illumination light onto the object point. A position to be illuminated can be changed corresponding to the movement of an object point by the arrangement/focusing of the observation and illumination lens. It is the object of this special arrangement to achieve illumination which is as coaxial as possible, i.e., to adjust the smallest possible angle between the optical axis of the illumination light and optical axis of the observation light (prevention of reflections).

10 *a* ~~It is the object of the invention to realize the illumination arrangement for stereo microscopes so as to have a minimum space requirement, but in such a way that the basic optical-mechanical construction is influenced only minimally and a bright, homogenous and reflection-free illumination of the maximum visible object~~  
15 field is made possible independent from the position and observation direction of the stereo microscope.

~~This object is met through the features of the independent claims.~~

*Ans. a2* ~~Preferred further developments are the subject matter of the dependent claims.~~

20 The invention will be explained more fully in the following with reference to the schematic drawings.

*a a* **BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS**  
*In the drawings*  
Fig. 1 shows a bottom view of a stereo microscope according to the

invention;

Fig. 2 shows the light guide used according to the invention;

Fig. 3 shows a schematic side view in section;

25 Fig. 4 shows a side view vertical to the side view according to Fig. 3;

Fig. 5 shows advantageous possible adjustments for illumination;

*2nd*  
*~*

Fig. 6 shows an arrangement for contrasting, for example, fluorescence excitation via the spot illumination device.

## *Description of the Preferred Embodiments*

An arrangement satisfying the objective stated above is achieved in that a fiber-optic illumination arrangement which is completely separate from the observation beam paths and has focusing optics is integrated in the stereo microscope base body, preferably through the arrangement of two spots in a plane orthogonal to the observation plane.

In Fig. 1, B1 and B2 represent the outlet openings or objective ends of two observation channels of a Greenough stereo microscope MI in the direction of the object. The microscope MI is connected with a stand S by a microscope support MT. The outlet openings BL1, BL2 of two light sources are arranged vertical to the connecting axis of the observation channels.

As a result of this orthogonal arrangement of the illumination channels, a bothersome imaging of the illumination channel after reflection in the object plane (critical in the case of highly reflective objects) in the second observation channel and a resulting deterioration in contrast are prevented. Further, in order to prevent reflections in the entire stereo microscope zoom range in case of highly reflective objects and to improve stereoscopic contrast, the illumination arrangement, as is shown in Figs. 4, 5, is advantageously arranged at an angle  $\neq 0^\circ$ , i.e., at an angle of  $\approx 10^\circ \dots 12^\circ$  ( $\approx$  half-angle to center) to the optical axis of the microscope. Focussing optics FO which are arranged in front of the light guides and which light the object plane can be constructed as stationary systems (lighting of the maximum object field diameter) and, in principle, also as zoom systems (e.g., mechanically coupled with the observation zoom system) with variable object field diameter.

In order to achieve a maximum illumination intensity in the object plane, it is advantageous when the illumination is carried out via a twin light guide LL (see Fig. 2) provided with focusing optics FO and a superposition of the two individual spots takes place in the object plane. The two individual fiber bundles of branch V of the flexible twin light guide LL are joined inside the stereo microscope base body and exit as a continuous (prevention of light losses) one-arm, flexible light guide - provided with a sufficient length - via a strain relief ZE at a suitable location

on the stereo microscope base body. The light guide is then connected with an external cold-light source LQ via a standardized end piece ST. Glass light guides or plastic light guides or fluid light guides (especially advantageous in fluorescence illumination arrangements - see also Fig. 6) can be used as flexible light guides.

5           A possible arrangement of the integrated fiber-optic illumination arrangement in a Greenough type stereo microscope in a plane parallel to that of the observation channels (sectional view through an illumination channel) is shown in Fig. 3. The microscope MI is only indicated in dashed lines without the tube. The light guide LL is coupled into the microscope housing from above and has a strain relief ZE. Its branched part V advantageously extends entirely in the interior of the  
10           microscope housing between the lens groups L of the zoom system of the microscope; these lens groups L are movable on guides F and are partially stationary without the observation beam paths being vignetted in this way.

          Fig. 4 shows that the two light guide ends provided with focussing  
15           optics FO form an angle to the optical axis of the microscope and accordingly advantageously overlap with respect to their illumination spots BS, so that a uniform bright illumination of the object in the object plane OE is achieved over the entire maximum object field OF.

          This illumination principle is suited to Greenough type stereo  
20           microscopes and, in principle, for telescope type stereo microscopes. In order to prevent reflections (disadvantage of the known coaxial stereo microscope illumination arrangements), illumination can also be realized outside of auxiliary lens systems (Greenough systems) and objectives (telescope systems, typical illumination arrangements for operation microscopes). A stationary installation of  
25           the illumination focusing optics provides optimal illumination of the object field for the stereo microscope without an auxiliary system (Greenough construction) or only for an auxiliary system/objective. A displacement and swiveling of the illumination focusing optics by mechanical guide elements and adjusting elements is required for adapting to different objectives/auxiliary systems). This is shown in Fig. 5.

30           Illumination optics FO which can be swiveled, displaced radially and focused in different directions via operator controls are shown here. The illumination focusing, i.e., the variable adaptation of the illumination spot to the observable object

field diameter, is realized by a focusing control FS which is either mechanically coupled with the observation zoom system or is carried out electronically via motor.

Different advantageous variants are described in the following:

5           A       swiveling of the illumination focusing optics (varying the angle of incidence of the light spots in connection with B), actuation by suitable external operator controls;

          B       radial displacement of illumination focusing optics (varying the angle of incidence of the light spots in connection with A), actuation by suitable external operator controls;

10           C       varying illuminated object field diameter by focusing; varying the distance between the light guide output and focusing optics with manual actuation or light-guide coupling into a separate illumination zoom system which is positively coupled mechanically with the observation zoom or is actuated by a motor-driven external control FS.

15                 For this purpose, the illumination focusing system can advantageously be coupled with the zoom drive of the stereo microscope mechanically or electrically, i.e., the illuminated object field diameter is automatically variably adapted with actuation of the observation zoom system.

20                 This illumination principle is also suitable for microscopy contrast methods. Fig. 6 shows an arrangement for fluorescence excitation via the spot illumination device by way of example. Based on the arrangements described in Fig. 4 or Fig. 5, fluorescence excitation via the spot focusing optics is possible when a filter holder FAA for receiving and changing filters is switched between the light guide end piece ST and the light source LQ in fluorescence excitation for receiving and changing excitation filters A (this filter changing location is already present in  
25 many commercially available light sources, especially cold-light sources). Further, when a filter holder for blocking filters FAS is accommodated in the observation channels for changing blocking filters S, very good stereoscopic fluorescence contrast can be achieved in observation, i.e., high-contrast, reflection-free  
30 observation is possible in oblique illumination by means of a complete decoupling of illumination channels and observation channels. Suitable light sources for fluorescence excitations in the visible spectral range are halogen cold-light sources



(e.g., Schott cold-light source KL 1500) or XBO (xenon very-high-pressure lamps, e.g., XBO 75 W); for UV fluorescence excitations, HBO (mercury very-high-pressure lamps, e.g., HBO 50 W or HBO 100 W) are suitable. A large number of different filter sets (comprising excitation filters and blocking filters) are offered by filter manufacturers and stereo microscope manufacturers for a wide variety of different applications in fluorescence stereo microscopy. The coupling in of light via light guides is advantageous for stereo microscope observation in any spatial direction (e.g., special stands for conservationists) with fluorescence excitation because the above-mentioned very-high-pressure lamps with a rigid coupling to the stereo microscope without light guides would be bothersome for the observer because of its considerable heat development (risk of burn injury when touched); moreover, according to manufacturer's instructions, the very-high-pressure lamps may only be operated in a vertical setup position (these lamps are destroyed when sharply inclined). In the arrangement according to the invention shown in Fig. 6, the light source can remain at a stationary location (for example, fastened to the special stand) and the stereo microscope can be spatially oriented in any manner such that it is connected with the light source via the light guide.

#### Trial Results:

Incident illumination as shown in Fig. 1 to Fig. 4 is integrated in the Zeiss Stemi 1000 base body while maintaining a working distance of 4" (110 mm). The two illumination optical systems - arranged in a north-south direction - were positioned at an angle of  $2 \times 8^\circ$  to realize an oblique incident illumination with extensive decoupling of the observation channels. An image quality which is substantially improved (no bothersome incident light reflections in the upper zoom area) over costly coaxial incident illumination arrangements (minimizing of reflections with polarizing-optic means) was achieved with this arrangement.

The following performance features were determined in the prototype:

a) Bright, homogeneous lighting, illumination with Schott KL 1500e cold-light source; an illumination angle of  $2 \times 8^\circ$  was realized in the prototype; in this way, it was possible to achieve an illumination angle which was substantially smaller

than with externally mounted lighting with highly inclined incident light (e.g., Schott point light or ring light: 18°, light 10: 35°).

b) Substantially higher-contrast illumination compared with conventional coaxial illumination arrangements with beam splitting (illumination angle 0°, problem of lightening single-reflections which cannot be entirely eliminated in spite of antireflection arrangement) through complete separation of observation and illumination beam paths.

c) By means of complete integration of illumination in the stereo microscope base body, the full working distance (4" with Stemi 1000) is retained: advantage over externally mounted cold-light components by which the working distance is limited and direct, free viewing of observation object is obstructed.

d) All external stereo microscope interfaces are retained ( $\varnothing 76$  mm as internationally standardized receptacle -  $\varnothing$ , receptacle -  $\varnothing$  for external cold-light components, coupling thread for auxiliary systems), accordingly, there are no limitations with respect to the variability which has been achieved.

e) By means of integration, illumination does not need to be tracked in case of changing observation locations (e.g., special stands for MEG applications, scanning of large object fields with cantilever stands, e.g., in textile industries, restoration or conservation stands with optional spatial orientation of the stereo microscope base body) and free viewing of the object was retained.

In view of the extremely confined basic construction of the stereo microscope, the following alternatives are seen for modifying the above-mentioned embodiment examples (Fig. 1 to Fig. 4) with necessary design limitations for spot illumination:

- omission of an illumination channel, illumination only with a spot from north or south direction;

- instead of a flexible light guide, a light-conducting rod or internally coated light-conducting tube could also be used, at which a flexible standard light guide (e.g., for KL 200) can be coupled in at the upper end so as to be exchangeable (an advantage in case of reasonable transmission losses);

5

Ans. a3

In der Stereomikroskopie gehören zum Stand der Technik externe Auflicht - Beleuchtungsanordnungen, bei denen außerhalb des Mikroskop - Grundkörpers Direktbeleuchtungen angeordnet werden.

Das können Halogenlampen mit Reflektorspiegel sein, die am Stereomikroskop - Träger, an der Stativsäule oder am Stereomikroskop - Grundkörper selbst befestigt sind und eine schräge Auflichtbeleuchtung ermöglichen.

Es sind Kaltlichtbeleuchtungen bekannt, die beispielsweise an der Stativsäule oder am Stereomikroskop - Träger befestigt sind und z. B. in der Ausführung als flexible oder halbstarre ein- oder mehrarmige Lichtleiter mit Fokussieroptik vorliegen. Ohne Befestigung am Stereomikroskop - Grundkörper oder am Stativ gibt es ein- oder mehrarmige halbstarre, sog. Schwanenhälse, die ausschließlich an der Kaltlichtquelle befestigt sind und frei im Raum positioniert werden können.

Weiterhin sind im Stereomikroskop - Frontbereich befestigbare Kaltlicht - Ringleuchten bekannt, die z. B. als 4 - Punkt - Ringlicht oder als Spaltringlicht in unterschiedlichen Durchmessern und Abstrahlwinkeln angeboten werden. Alle diese externen Auflicht - Beleuchtungsanordnungen gewährleisten eine sehr differenzierte Auflichtbeleuchtung, d. h. das stereomikroskopische Objekt kann entsprechend seiner Oberflächenstruktur und räumlichen Ausdehnung optimal „ausgeleuchtet“ werden. Nachteilig bei diesen externen Beleuchtungsanordnungen ist der z. T. erhebliche Bauraum im Objektbereich, d. h. die direkte Sicht auf das Objekt und der Freiraum für Manipulationsaufgaben wird z. T. erheblich eingeschränkt.

Nachteilig ist bei diesen externen Beleuchtungsanordnungen weiterhin, daß bei der Befestigung des Stereomikroskops in Sonderstativen (z. B. Maschinenhalterungen Boden- oder Wandstativen) und der damit verbundenen freien Positionierung des Stereomikroskops im Raum das „Licht“ immer erst separat „nachgeführt“ werden muß (sofern die Beleuchtungsanordnung nicht am Stereomikroskop - Grundkörper selbst befestigt ist). Diese genannten Nachteile können vermieden werden, wenn es in geeigneter Weise gelingt, die Beleuchtungsanordnung selbst möglichst platzsparend im Stereomikroskop - Grundkörper zu integrieren.

International sind eine ganze Reihe verschiedenartige, z. T. bereits veröffentlichte Lösungsvorschläge bekannt, die das Ziel verfolgen, in geeigneter Weise in optischen Instrumenten (beispielsweise Fotokameras, Videokameras, Camcorder, Mi-

kroskope, Stereomikroskope, Operationsmikroskope) Beleuchtungssysteme direkt zu integrieren.

In der Stereomikroskopie gehören zum Stand der Technik interne Auflicht - Beleuchtungsanordnungen, bei denen innerhalb des Mikroskop - Grundkörpers das Licht über geeignete Strahlteilelemente (Prismen, Teilerspiegel) in die Beobachtungskanäle eingekoppelt wird (koaxiales Auflichtprinzip). Dabei kann das Licht über eine konventionelle mikroskopische Auflichteinrichtung oder über Kaltlichtquelle und Lichtleiter erzeugt und transportiert werden bis es dann über die o. g. Strahlteilelemente an unterschiedlichen Stellen (z. B. oberhalb oder unterhalb des Stereomikroskop - Pankratsystems) in die Beobachtungskanäle eingekoppelt wird. Neben den im Stereomikroskop - Grundkörper fest integrierten o. g. koaxialen Beleuchtungsanordnungen gibt es auch modular aufgebaute Einheiten, die beispielsweise trennbar zwischen Stereomikroskop - Pankratsystem und Hauptobjektiv angeordnet werden können (z. B. Zeiss - Stereomikroskope in Teleskopbauweise mit modularer koaxialer Beleuchtungseinrichtung und flexibler Lichtleitereinkopplung, Lichtleiteranschluß an SCHOTT - Kaltlichtquelle KL 1500). Vorteilhaft bei der koaxialen Beleuchtungsanordnung ist die „Mitführung“ des Lichtes mit dem Stereomikroskop - Grundkörper und bei interner Einkopplung oberhalb des stereoskopischen Pankratsystems eine exakte Objektfeldanpassung beim Zoomen. Bei interner Einkopplung unterhalb des stereoskopischen Pankratsystems ist das beleuchtete Objektfeld konstant groß und wird für das mit dem Pankraten maximal erreichbare Objektfeld ausgelegt. Nachteilig bei all den o. g. Anordnungen mit koaxialem Auflichtprinzip ist die Entstehung starker Reflexe - insbesondere bei stark reflektierenden Objektoberflächen - und eine damit verbundene Bild - Kontrastverschlechterung durch die Lichteinkopplung in die Beobachtungskanäle. Zum Stand der Technik gehören auch die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten zur Reflexunterdrückung mit polarisationsoptischen Mitteln (z. B. „Antiflexeinrichtung“ für Zeiss - Stereomikroskope in Teleskopbauweise). Die bekannte Reflexunterdrückung mit polarisationsoptischen Mitteln hat seinerseits wiederum den Nachteil, daß durch das hohe Absorptionsvermögen der mindestens 2 notwendigen Polarisationsfilter eine erhebliche Verminderung der Beleuchtungsstärke stattfindet. Weitere, aus diesem Grundprinzip abgewandelte interne Auflicht - Beleuchtungsanordnungen benutzen bei Stereomikroskopen in Teleskopbauweise nur das vorgeschaltete Hauptobjektiv zur Lichteinkopplung in die Be-

obachtungsstrahlengänge oder in einer zu den Beobachtungskanälen unterschiedlichen azimuthalen Einfallsebene. Auch bei diesen, vom Grundprinzip abgewandelten Anordnungen bleibt das Problem der Reflexentstehung und Reflexbeseitigung mit polarisationsoptischen Mitteln bestehen. Das koaxiale Auflichtprinzip wird in der Stereomikroskopie vorzugsweise nur bei ebenen und flachen Präparaten (geringe Tiefenausdehnung) angewendet, da bei Objekten mit Tiefenausdehnung bzw. Objekten mit Oberflächenrelief bei dieser senkrechten Beleuchtung nur ein schlechter Kontrast bzw. ein schlechter räumlicher Seheindruck erreichbar ist; ein wesentlich besserer Kontrast und Raumeindruck ist durch die bei einer schrägen Beleuchtung auftretenden Schattenwirkung erreichbar. Die oben beschriebenen verschiedenartigen, nach dem koaxialen Auflichtprinzip arbeitenden internen Beleuchtungsanordnungen werden in konventionellen Stereomikroskopen (Teleskopbauweise), in Operationsmikroskopen, in medizinischen Geräten mit stereoskopischer Beobachtung (Kolposkope, Spallampen) oder z. T. in Endoskopen eingesetzt.

Die Offenlegungsschrift DE 196 40 352 A1 „Innenbeleuchtungsvorrichtung und Videomikroskopsystem“ beschreibt eine Anordnung der Lichteinkopplung über Strahlenteilung, wie sie in der konventionellen Hellfeld - Auflichtmikroskopie bekannt ist. Eine weitere Anordnung sieht die Integration einer Direktbeleuchtung (Lampe mit Reflektorspiegel) in ein Videogerät vor, wobei dann die Lichtübertragung über Lichtleiter in den Objektraum mit schräger Beleuchtung erfolgt bzw. eine nochmalige Lichtleitereinkopplung über eine Strahlenteilung in den Beobachtungskanal (koaxiales Auflichtprinzip) vorgesehen ist. Die vorgeschlagenen integrierten Beleuchtungsanordnungen, die z. T. Stand der Technik sind, beziehen sich nur auf die Kombination Videomikroskopsystem in Verbindung mit einem Videogerät.

In der Patentschrift „Operation Microscope“ US 4,783,159 wird ein Operationsmikroskop in Teleskopbauweise beschrieben, in dem eine interne Beleuchtungsanordnung zur Beleuchtung des Operationsfeldes integriert wird. Dabei wird das Licht grundsätzlich zwischen Zoomsystem (Pankrat) und Hauptobjektiv eingekoppelt. Das im Operationsmikroskop separat aufgebaute Beleuchtungssystem beleuchtet das Operationsfeld über die optischen Elemente Lichtleiter → separates Zoomsystem → Projektionslinse → Hauptobjektiv. Durch den Einsatz verschiedener optischer Umlenkelemente (Reflexionsprismen) wird die Operationsfeldbeleuchtung über das

Hauptobjektiv an verschiedenen Stellen (wahlweise axial oder außeraxial) möglich, was zu einer differenzierten Beleuchtung des Operationsgebietes führt (z. B. Auge).

In der Patentschrift „Illumination structure in microscope“ EP 0 793 128 A1 wird ein Mikroskop (Stereomikroskop in Parallelbauweise / Makroskop) beschrieben, in dem hinter dem Objektiv ein internes Beleuchtungssystem angeordnet ist. Es werden verschiedene Anordnungen beschrieben, durch die die Lichteinkopplung hinter dem Objektiv erfolgen kann, beispielsweise auf der optischen Achse des Objektivs zwischen den Beobachtungskanälen (2 Paare) mit einem Beleuchtungskanal, zwischen den Beobachtungskanal - Paaren mit 2 oder mehreren Beleuchtungskanälen bzw. der Lichteinkopplung unter Benutzung von mittels Fassungen abgetrennter Bereiche der Beobachtungsoptik.

In der Patentschrift „Auflicht - Objektbeleuchtungseinrichtung“ DE 39 06 555 A1 wird eine an einem Beobachtungsgerät angebrachte (externe) Beleuchtungseinrichtung beschrieben, die aus mehreren einzelnen, auch einzeln schaltbaren Lichtquellen (z. B. Selbstleuchter, Glasfasern oder von hinten leuchtende Blenden) bestehen und die in einem mindestens zweidimensionalen Array angeordnet sind, dessen Zentrum mit der optischen Achse der Beobachtungs - Abbildungsoptik übereinstimmt.

In der Patentschrift „Epidarkes Beleuchtungssystem“ DE 32 29 768 A1 wird ein epidarkes Beleuchtungssystem vorzugsweise für Auflichtmikroskope beschrieben, bei dem von einer Lichtquelle ausgehendes Licht zur Beleuchtung eines Objektes zwischen einer Hülse und einer Objektivlinse durchgeleitet wird (Anordnung ähnlich wie bei Auflicht - Dunkelfeldanordnungen). Mit dieser ringförmigen Beleuchtungsanordnung kann eine sehr flache Beleuchtung des Objektfeldes erreicht werden.

In der Patentschrift „Microscope illuminating apparatus“ EP 0 504 940 A2 werden verschiedene Mikroskop - Beleuchtungsanordnungen für Auflicht - Hell - und - Dunkelfeldbeleuchtung sowie für Durchlicht - Hell - und - Dunkelfeldbeleuchtung gezeigt, bei denen die Lichteinkopplung in die beleuchtungsoptischen Systeme unter anderem mit faseroptischen Mitteln durchgeführt wird.

In der Patentschrift „Stereomikroskop“ DE 19523712 A1 wird ein Stereomikroskop (Teleskopbauweise) beschrieben, welches eine Beobachtungs - Frontlinse und eine Beleuchtungslinse aufweist, die voneinander getrennt sind. Die fokussierbare Beobachtungs - Frontlinse richtet einen von einem Objektpunkt emittierten Strahl aus Beobachtungslicht parallel aus. Die Beleuchtungslinse projiziert einen Strahl aus Beleuchtungslicht auf den Objektpunkt. Durch die Anordnung / Fokussierung von Beobachtungs- und Beleuchtungslinse kann eine zu beleuchtende Position entsprechend der Bewegung eines Objektpunktes verändert werden. Ziel dieser speziellen Anordnung ist es, eine möglichst koaxiale Beleuchtung zu erreichen, d. h. einen möglichst kleinen Winkel zwischen der optischen Achse des Beleuchtungslichtes und der optischen Achse des Beobachtungslichtes (Vermeidung von Reflexen) einzustellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für Stereomikroskope die Beleuchtungsanordnung so auszugestalten, daß sie mit minimalem Platzbedarf erfolgt und dennoch der optisch - mechanische Grundaufbau nur minimal beeinflußt wird und eine helle, homogene und reflexfreie Beleuchtung des maximal sichtbaren Objektfeldes unabhängig von der Lage und Beobachtungsrichtung des Stereomikroskopes ermöglicht wird.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: Eine Unteransicht eines erfindungsgemäßen Stereomikroskopes

Fig. 2: Den erfindungsgemäß eingesetzten Lichtleiter

Fig. 3: Eine schematische aufgeschnittene Seitenansicht

Fig. 4: Eine Seitenansicht senkrecht zur Seitenansicht gemäß Fig.3

Fig. 5: Die vorteilhaften Verstellmöglichkeiten der Beleuchtung

Fig. 6: Anordnung zur Kontrastierung, Beispiel Fluoreszenzanregung über die Spot  
- Beleuchtungseinrichtung

Durch die Integration einer von den Beobachtungsstrahlengängen vollständig getrennten faseroptischen Beleuchtungsanordnung mit Fokussieroptiken in den Stereomikroskop - Grundkörper, vorzugsweise der Anordnung zweier „Spots“ in einer



Ebene orthogonal zur Beobachtungsebene wird eine Anordnung erreicht, die der obenstehenden Aufgabenstellung genügt.

In Fig.1 sind B1, B2 die Austrittsöffnungen bzw. Objektivenenden zweier Beobachtungskanäle eines Greenough- Stereomikroskopes MI in Richtung des Objektes. Das Mikroskop MI ist über einen Mikroskopträger MT mit einem Stativ S verbunden. Senkrecht zur Verbindungsachse der Beobachtungskanäle sind die Austrittsöffnungen BL1, BL2 zweier Lichtquellen angeordnet.

Durch diese orthogonale Anordnung der Beleuchtungskanäle wird eine störende Abbildung des Beleuchtungskanals nach Reflexion in der Objektebene (kritisch bei stark reflektierenden Objekten) in den zweiten Beobachtungskanal und eine damit verbundene Kontrastverschlechterung vermieden. Weiterhin ist zur Vermeidung von Reflexen im gesamten Stereomikroskop - Zoombereich bei hochreflektierenden Objekten und Verbesserung des „stereoskopischen Kontrastes“ die Beleuchtungsanordnung, wie in Fig. 4, 5 dargestellt, unter einem Winkel  $\neq 0^\circ$ , d. h. unter einem Winkel von  $\approx 10^\circ \dots 12^\circ$  ( $\equiv$  Halbwinkel bis zur Mitte) zur optischen Achse des Mikroskopes vorteilhaft angeordnet. Den Lichtleitern vorgeschaltete Fokussieroptiken FO, die die Objektebene ausleuchten, können sowohl als Festsysteme (Ausleuchtung des maximalen Objektfelddurchmessers) und prinzipiell auch als Zoomsysteme (z. B. mit dem Beobachtungs - Zoomsystem mechanisch gekoppelt) mit variablem Objektfelddurchmesser ausgeführt sein.

Zur Erreichung einer maximalen Beleuchtungsstärke in der Objektebene ist es vorteilhaft, wenn die Beleuchtung über einen mit Fokussieroptiken FO, versehenen Zwillingslichtleiter LL (s. Fig. 2) erfolgt und eine Überlagerung beider „Einzel - Spots“ in der Objektebene stattfindet. Die beiden Einzelfaserbündel der Verzweigung V des flexiblen Zwillingslichtleiters LL vereinigen sich noch innerhalb des Stereomikroskop - Grundkörpers und verlassen als durchgehender (Vermeidung von Lichtverlusten), einarmiger und flexibler Lichtleiter - mit einer ausreichenden Länge versehen - über eine Zugentlastung ZE an geeigneter Stelle den Stereomikroskop - Grundkörper. Über ein standardisiertes Endstück ST wird der Lichtleiter dann mit einer externen Kaltlichtquelle LQ verbunden. Als flexible Lichtleiter können sowohl Glas - Lichtleiter oder Kunststoff - Lichtleiter als auch Flüssiglichtleiter (besonders

vorteilhaft bei Fluoreszenzbeleuchtungsanordnungen, s. auch Fig. 6) verwendet werden.

Eine mögliche Anordnung der integrierten faseroptischen Beleuchtungsanordnung in einem Stereomikroskop Greenoughscher Bauart in einer Ebene parallel zu der der Beobachtungskanäle (Schnittdarstellung durch einen Beleuchtungskanal) zeigt Fig. 3.

Das Mikroskop MI ist nur gestrichelt und ohne Tubus angedeutet.

Der Lichtleiter LL wird von oben in das Mikroskopgehäuse eingekoppelt und weist eine Zugentlastung ZE auf.

Sein verzweigter Teil V verläuft vorteilhaft vollständig im Innern des Mikroskopgehäuses zwischen den auf Führungen F beweglichen und teilweise feststehenden Linsengruppen L des Zoomsystems des Mikroskopes, ohne daß die Beobachtungsstrahlengänge hierdurch vignettiert würden..

In Fig. 4 wird dargestellt, daß die beiden mit Fokussieroptiken FO versehenen Lichtleiterenden einen Winkel zur optischen Achse des Mikroskopes einnehmen und sich dadurch vorteilhaft bezüglich ihrer Beleuchtungsspotspots BS überlagern, so daß eine gleichmäßige helle Ausleuchtung des Objektes in der Objektebene OE über das gesamte maximale Objektfeld OF erzielt wird.

Dieses Beleuchtungsprinzip eignet sich sowohl für die Stereomikroskope in Greenoughbauweise als auch prinzipiell für Stereomikroskope in Teleskopbauweise. Zur Vermeidung von Reflexen (Nachteil der bekannten koaxialen Stereomikroskop - Beleuchtungsanordnungen) kann die Beleuchtung auch außerhalb von Vorsatzsystemen (Greenoughsystemen) bzw. Objektiven (Teleskopsysteme, typische Beleuchtungsanordnungen für Operationsmikroskope) realisiert werden. Eine Festinstallation der Beleuchtungs - Fokussieroptiken bringt eine optimale Ausleuchtung des Objektfeldes für das Stereomikroskop ohne Vorsatzsystem (Greenoughsche Bauart) bzw. nur für ein Vorsatzsystem / Objektiv. Für die Anpassung an verschiedene Objektive / Vorsatzsysteme ist ein Verschieben und Schwenken der Beleuchtungs - Fokussieroptiken mit mechanischen Führungs- und Stellelementen notwendig.

Dies ist in Fig. 5 dargestellt.

Hier sind in verschiedene Richtungen über Bedienelemente schwenkbare und radial verschiebbare und fokussierbare Beleuchtungsoptiken FO dargestellt. Die Beleuchtungsfokussierung, d. h. die variable Anpassung der Beleuchtungsspot an den beobachtbaren Objektfelddurchmesser, wird mit einer Fokussiersteuerung FS, die entweder mechanisch mit dem Beobachtungs - Zoomsystem gekoppelt ist oder elektro- nisch über eine Motorisierung durchgeführt wird, realisiert.

Unterschiedliche vorteilhafte Varianten werden nachstehend beschrieben.

- [A] - Schwenken der Beleuchtungs - Fokussieroptiken (Variation des Einfallswin- kels der Licht - Spots in Verbindung mit [B] ), Betätigung mit geeigneten externen Bedienelementen
- [B] - Radiale Verschiebung der Beleuchtungs - Fokussieroptiken (Variation des Einfallswinkels der Licht - Spots in Verbindung mit [A] ), Betätigung mit ge- eigneten externen Bedienelementen
- [C] - Variation des beleuchteten Objektfelddurchmessers durch Fokussieren; Variation des Abstandes zwischen Lichtleiter - Ausgang und Fokussieroptik mit manueller Betätigung oder Lichtleitereinkopplung in ein separates Be- leuchtungs - Zoomsystem, das mechanisch mit dem Beobachtungszoom zwangsgekoppelt ist oder durch eine externe Steuerung FS mit Motorantrieb betätigt wird

Hierbei kann vorteilhaft das Beleuchtungs - Fokussiersystem mit dem Zoomtrieb des Stereomikroskops mechanisch oder elektrisch gekoppelt sein , d. h. mit Betäti- gung des Beobachtungs - Zoomsystems wird der beleuchtete Objektfelddurchmes- ser automatisch variabel angepaßt,

Dieses Beleuchtungsprinzip eignet sich weiterhin für mikroskopische Kontrastverfah- ren. In Fig. 6 wird beispielhaft die Anordnung für die Fluoreszenzanregung über die Spot - Beleuchtungseinrichtung dargestellt. Werden ausgehend von den in Fig. 4 oder Fig. 5 beschriebenen Anordnungen zwischen Lichtleiterendstück ST und Lichtquelle LQ eine Filteraufnahme FAA zur Aufnahme und Wechsel von Filtern, bei Fluoreszenzanregung zur Aufnahme und Wechsel von Anregungsfiltern A, zwi-

schengeschaltet (diese Filterwechselstelle ist bei vielen auf dem Markt befindlichen Lichtquellen - insbesondere bei Kaltlichtquellen - bereits vorhanden), ist eine Fluoreszenzanregung über die Spot - Fokussieroptiken FO möglich. Wird weiterhin in die Beobachtungskanäle eine Filteraufnahme für Sperrfilter FAS zum Wechsel von Sperrfiltern S untergebracht, kann mit sehr gutem stereoskopischem Fluoreszenzkontrast beobachtet werden, d. h. durch die vollständige Entkopplung von Beleuchtungs- und Beobachtungskanälen ist eine durch schräge Beleuchtung kontrastreiche und reflexfreie Beobachtung möglich. Als Lichtquellen eignen sich für Fluoreszenzanregungen im sichtbaren Spektralbereich Halogen - Kaltlichtquellen (z. B. SCHOTT - Kaltlichtquelle KL 1500) oder XBO (Xenon - Höchstdrucklampen, z. B. XBO 75 W) für UV - Fluoreszenzanregungen HBO (Quecksilber - Höchstdrucklampen, z. B. HBO 50 W oder HBO 100 W). Für die unterschiedlichsten Applikationsaufgaben der Fluoreszenzstereomikroskopie werden von Filterherstellern bzw. Stereomikroskopherstellern eine ganze Reihe verschiedenartiger Filtersets (bestehend aus Anregungs- und Sperrfiltern) angeboten. Vorteilhaft für die stereomikroskopische Beobachtung in beliebiger Raumrichtung (z. B. Sonderstative für Restaurateure) mit Fluoreszenzanregung ist die Lichteinkopplung über Lichtleiter, da die o. g. Höchstdrucklampen bei einer starren Ankopplung an das Stereomikroskop ohne Lichtleiter durch ihre erhebliche Wärmeentwicklung (Verbrennungsgefahr bei Berührung) den Beobachter stören würde und außerdem die Höchstdrucklampen lt. Herstellerangabe immer nur in einer vertikalen Einbaulage betrieben werden dürfen (bei starken Neigungen kommt es zur Zerstörung dieser Lampen). In der erfindungsgemäßen Anordnung nach Fig. 6 kann die Lichtquelle an einem festen Ort (beispielsweise am Sonderstativ befestigt) verbleiben und das Stereomikroskop kann - über den Lichtleiter mit der Lichtquelle verbunden - beliebig im Raum orientiert werden.

#### Erprobungsergebnisse:

Es erfolgte die Integration einer Auflichtbeleuchtung - wie in Fig. 1 bis Fig. 4 dargestellt - in den ZEISS - Stemi 1000 - Grundkörper unter Beibehaltung des Arbeitsabstandes von 4" (110 mm).

Die beiden Beleuchtungsoptiken - in Nord - Süd - Richtung angeordnet - wurden unter einem Winkel von  $2 \times 8^\circ$  positioniert, um eine schräge Auflichtbeleuchtung mit einer weitgehenden Entkopplung von den Beobachtungskanälen zu realisieren. Mit dieser Anordnung wurde eine wesentlich bessere Bildgüte (keine störenden Auflichtreflexe im oberen Zoombereich) als bei aufwendigen coaxialen Auflichtbeleuchtungsanordnungen (Reflexminimierung mit polarisationsoptischen Mitteln) erreicht.

Folgende Leistungsmerkmale wurden am Prototypen nachgewiesen:

a)

Helle, homogene Ausleuchtung, Beleuchtung mit SCHOTT KL 1500e - Kaltlichtquelle; am Prototypen wurde ein Beleuchtungs - Winkel von  $2 \times 8^\circ$  realisiert, damit konnte ein wesentlich kleinerer Beleuchtungswinkel als bei extern angesetzten Leuchten mit sehr schrägem Lichteinfall (z. B. SCHOTT - Punkt - bzw. Ringlicht:  $18^\circ$ , Leuchte 10:  $35^\circ$ ) erzielt werden,

b)

Wesentlich kontrastreichere Beleuchtung als klassische, coaxiale Beleuchtungsanordnungen mit Strahlenteilung (Beleuchtungswinkel  $0^\circ$ , Problem der aufhellenden Einfachreflexe, die sich trotz Antiflex - Anordnung nicht vollständig eliminieren lassen) durch vollständige Trennung der Beobachtungs - und Beleuchtungsstrahlengänge,

c)

Durch die vollständige Integration der Beleuchtung in den Stereomikroskop - Grundkörper bleibt der volle Arbeitsabstand (4" beim Stemi 1000) erhalten: Vorteil gegenüber extern angesetzten Kaltlicht - Komponenten, durch die der Arbeitsabstand eingeschränkt und die direkte, freie Sicht auf das Beobachtungsobjekt verbaut wird,

d)

Alle äußeren Stereomikroskop - Schnittstellen bleiben erhalten ( $\varnothing$  76 mm als international standardisierter Aufnahme -  $\varnothing$ , Aufnahme -  $\varnothing$  für externe Kaltlicht - Komponenten, Koppel - Gewinde für Vorsatzsysteme), damit gibt es keine Einschränkungen der bisherigen Variabilität,

e)

Durch die Integration braucht die Beleuchtung bei wechselnden Beobachtungsorten (z. B. Sonderstative für MEG - Anwendungen, Durchmusterung großer Objektfelder mit Auslegerstativen z. B. in der Textilbranche, Restauratorstative mit beliebigen Raumorientierungen des Stereomikroskop - Grundkörpers) nicht nachgeführt werden und die freie Sicht zum Objekt bleibt erhalten,

Aufgrund des außerordentlich gedrängten Stereomikroskop - Grundaufbaus werden folgende Alternativen in Abwandlung der o. g. Ausführungsbeispiele (Fig. 1 bis Fig. 4) bei notwendigen konstruktiven Einschränkungen für die Spot - Beleuchtung gesehen:

- Verzicht auf einen Beleuchtungskanal, Beleuchtung nur mit einem „Spot“ aus N - oder S - Richtung,
- Anstelle des flexiblen Lichtleiters könnte auch bei ausreichender Lichtausbeute ein Lichtleitstab bzw. ein innenverspiegeltes Lichtleitrohr angewendet werden, an dem am oberen Ende wechselbar (bei vertretbarem Transmissionsverlust ein Vorteil !) ein flexibler Standardlichtleiter (z. B. für KL 200) eingekoppelt werden kann.
- Verzicht auf die Fokussieroptik, d. h. durch die hohe Lichtleiterapertur ( $A \approx 0.66$  bei Faser - Typ A2) wird bei einem freien Arbeitsabstand von 90 mm ein Objektfeld von  $\approx 160$  mm ausgeleuchtet (relativ homogene Ausleuchtung  $\approx \varnothing 100$  mm), die im Sehfeld sichtbare Beleuchtungsstärke ist dann insbesondere im oberen Zoombereich spürbar geringer als bei einer angepaßten Ausleuchtung des Objektsehfeldes, sie wird aber noch als ausreichend eingeschätzt (Vorteil der großflächigen Ausleuchtung des Objektfeldes bei Objektmanipulation und -positionierung mit bloßem Auge, d. h. das „Licht“ liefert immer das Stemi).